

Ⅲ - 625

受け桁一体型構造方式を用いた3連型MFシールド駅の覆工に関する研究（その2）

—都営地下鉄12号線飯田橋駅ホーム部の覆工の設計用構造解析方法—

東京都地下鉄建設(株)
 (財)鉄道総合研究所
 (株)熊谷組
 (株)熊谷組

片山 正
 正会員 小山幸則
 宮 亨
 正会員 ○宮下芳高

1. はじめに

地下鉄道の駅部の施工法において安全で確実に施工でき、しかも地下水位低下を起こさず、近接構造物に影響を与える事が少ないシールド工法として3連型MFシールド工法が選定された。本研究では3連型MFシールド工法における駅部の受け桁一体型覆工構造の設計用構造解析方法の研究成果を報告する。

2. 受け桁一体型覆工構造概要

3連型MFシールド工法における駅ホーム部の受け桁一体型覆工構造は図-1受け桁一体型覆工構造横断面図および図-2に示すようにウイングセグメントに内蔵された受け桁を連結板でボルトを用いて摩擦接合することによりトンネル線路方向にはりを形成し、4m毎に施工される本設柱で支持する構造である。また覆工部材は内蔵受け桁等の設計に容易に対応可能な鋼製のセグメントである。

3. 設計用構造解析方法

受け桁一体型覆工構造は円弧交差点を線路方向に受け桁で支え、その桁を4m間隔の柱で支持する構造であることから通常のトンネルと異なり線路方向にも断面が変化する3次元構造である。そこで構造解析方法としては次の2つの方法を用いた。

(1) トンネル横断面の二次元解析

セグメントを曲げ剛性一様としたはりとして仮定し、セグメント周囲に地盤ばねを設置したモデルによる方法である。本設柱の剛性は線路方向に平均した値を用いる。また地盤ばねはトンネルの外側に変位した部分にのみ変位に比例した地盤反力が作用するものとする。

(2) 3次元FEM解析

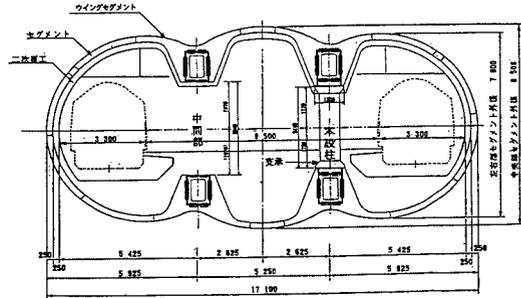


図-1 受け桁一体型覆工構造横断面図

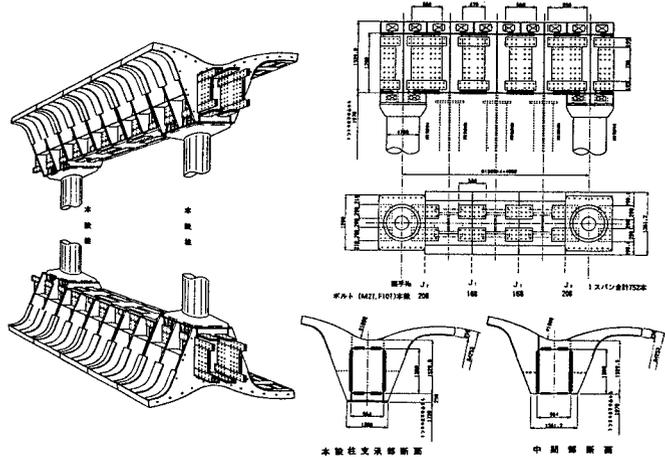


図-2 受け桁構造図

表-1 3次元FEM解析要素タイプと入力値

部材名	要素タイプ	摘要
セグメント	シェル	セグメント 主断面と等価
リング 継手	シェル	セグメントと同値 (ケ-21) 線路方向軸剛性=0 (ケ-22)
受け桁	シェル	受け桁を構成する鋼板を各々モデル化する。
支承	ソリッド	
鋼管柱	シェル	シェル要素による薄肉円筒
地盤ばね	トラス	節点にトラス要素を設け、各々の負担範囲に応じたばね値を設定した。

線路方向の単位区間を対象に3次元FEM解析する。この場合の解析上の仮定は各構造部材を表-1に示す要素に置換する。解析モデルを図-3に示す。地盤ばねについては2次元と同様トンネルの外側への変位に対してのみ考慮する。またリング継ぎ手のシェル要素の構造諸量をセグメントと同等とする場合（ケース1）と線路方向軸剛性を零とした場合（ケース2）について検討した。

3. 構造解析計算結果例

設計荷重のケースである図-3に示す荷重に対して2次元解析により算定された断面力および変位を図-4に示す。また3次元解析により算定された変形量、断面力を表-2～表-3に示す。解析結果から次のことが分析される。

- (1) 3次元解析のトンネル横断面の変形、断面力
 - ①鉛直、水平変形量について、本設柱位置の断面と柱の中間の断面の差、ケース1とケース2の差はどちらも少ない。
 - ②断面力について、本設柱位置の断面と柱の中間の断面の差、ケース1とケース2の差はどちらも少ない。
 - ③2次元解析のトンネル横断面の変形、断面力の値と比較すると若干小さい。

(2) 3次元解析の受け桁の応力

受け桁の応力は本設柱部が負曲げ、中間部が正曲げを示し、両端固定梁の応力分布の傾向が見られる。受け桁の応力分布は、支承部を考慮した純スパン3mの両端固定梁の解析値に近い。

- (3) 3次元解析のウイングセグメント、鋼管柱等の応力

ウイングセグメント、鋼管柱等の各部応力について3次元解析の結果で応力の把握が可能であり部材の設計に有用である。

4. おわりに

今回検討した受け桁一体型覆工構造は受け桁の剛性がセグメントの線路方向の剛性に比べて十分大きいために、リング継手の影響度が小さい。

この例の様に受け桁の剛性が覆工材に比べて十分大きい場合は、設計用構造解析方法として、2次元はり～地盤ばねモデルも有用と考えられる。この場合受け桁は2次元はり～地盤ばねモデルの柱反力が、等分布荷重として作用する実スパン

の両端固定梁と仮定すれば設計上安全が確保されると思われる。また鋼管柱・ウイングセグメントの応力の把握には構造を適切にモデル化した3次元FEM解析が有用と思われる。

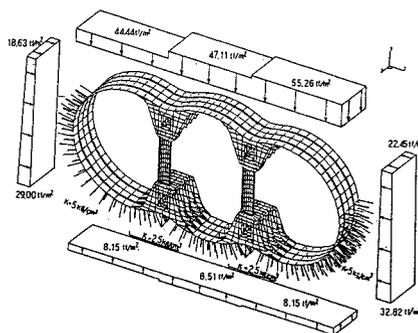


図-3 3次元FEM構造解析モデルと荷重

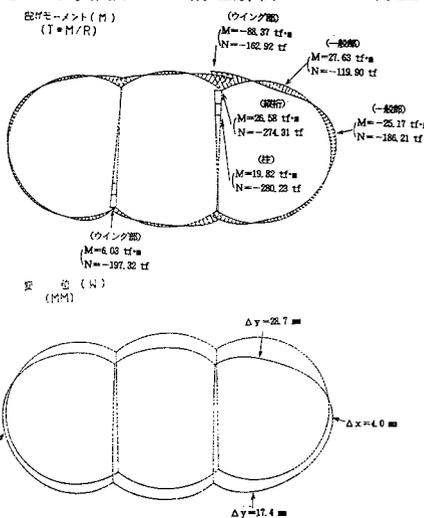


図-4 2次元解析による断面力および変位図

表-2 トンネル横断面の変形量の比較

	3次元解析		2次元解析
	本設柱位置	本設柱の中間	
鉛直変形	-1.9* (-1.7)	-2.2 (-2.6)	-6.0
水平変形	7.6 (8.1)	7.6 (8.2)	8.5

注) * 解析ケース1、括弧内は解析ケース2

表-3 トンネル横断面の断面力の比較

		3次元解析		2次元解析
		本設柱位置	本設柱の中間	
正曲げ最大点 (右円頂部付近)	曲げモーメント M (tf, m)	24.8* (23.7)	24.0 (22.9)	27.6
	軸力 N (tf)	-101.4 (-104.2)	-110.5 (-116.2)	-119.9
負曲げ最大点 (右円スクリュー付近)	曲げモーメント M (tf, m)	-19.2 (-18.3)	-19.0 (-17.9)	-25.1
	軸力 N (tf)	-166.2 (-166.9)	-163.5 (-159.1)	-186.2

注) * 解析ケース1、括弧内は解析ケース2